



МЕХАНИЗМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ НЕЙРОНОВ ПОСЛЕ ТРАВМЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА: РОЛЬ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК И ПЛАСТИЧНОСТИ НЕРВНЫХ СЕТЕЙ

Смагулов Марат Касымханович

кандидат медицинских наук, Казахский национальный медицинский
университет имени С. Д. Асфендиярова
г. Алматы, Казахстан

Аннотация

Статья посвящена анализу современных представлений о механизмах восстановления нервной ткани после травматического повреждения головного мозга. Долгое время считалось, что центральная нервная система обладает крайне ограниченной способностью к регенерации. Однако последние исследования показывают, что мозг способен к самовосстановлению через ряд эндогенных механизмов, включая **нейрогенез** (формирование новых нейронов) и **нейропластичность** (перестройку существующих нейронных сетей). В работе подробно рассматривается роль **нейральных стволовых клеток**, которые активируются после травмы, и их потенциал в восстановлении поврежденных участков. Особое внимание уделяется факторам, препятствующим регенерации, таким как **глиальный рубец**, и методам их преодоления. Анализируется влияние нейропластичности на функциональное восстановление, а также обсуждаются перспективные терапевтические подходы, основанные на стимуляции этих естественных процессов.

Ключевые слова: Регенерация нейронов, травма головного мозга, нейропластичность, нейрогенез, стволовые клетки, глиальные клетки, глиальный рубец, восстановление функций мозга.

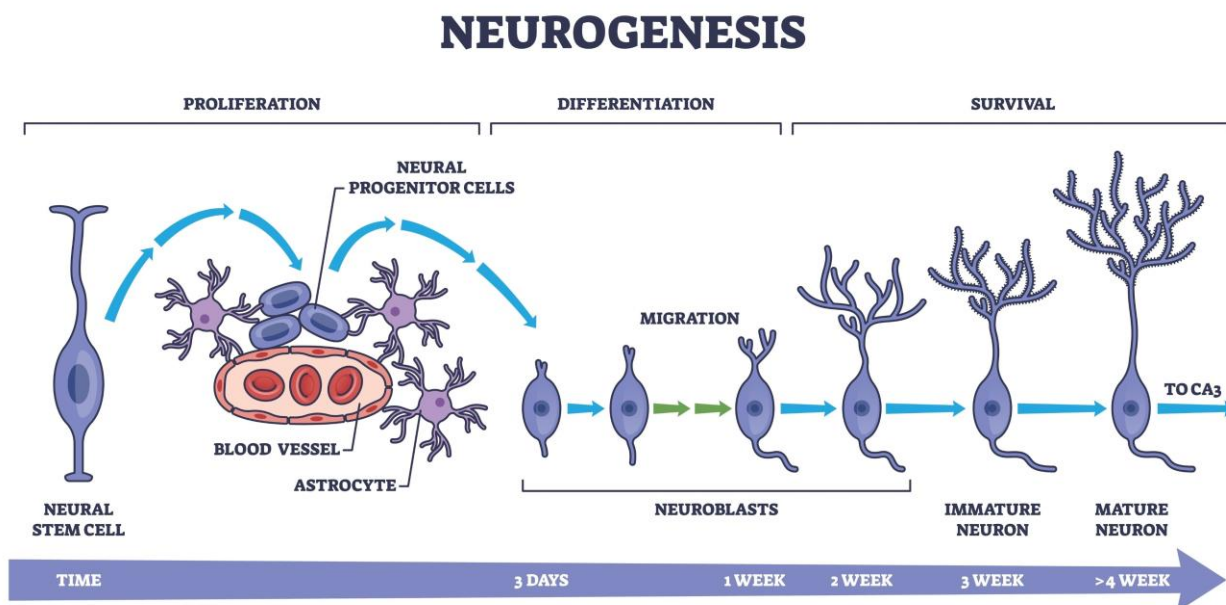
1. Введение

Травматические повреждения головного мозга (ТПГМ) являются одной из ведущих причин смертности и инвалидности во всем мире. Они могут приводить к необратимой потере нейронов, нарушению связей в нервных сетях и, как следствие, к тяжелым когнитивным, двигательным и сенсорным расстройствам. Традиционная догма в нейронауке гласила, что центральная нервная система, в отличие от периферической, не способна к значительной регенерации. Однако в последние десятилетия это представление было пересмотрено. Исследования показали, что мозг обладает скрытым потенциалом к самовосстановлению.

Этот процесс включает в себя не только замещение погибших клеток, но и активную перестройку оставшихся нейронных сетей. В данной статье мы рассмотрим эти сложные и многоуровневые механизмы, которые играют ключевую роль в восстановлении после ТПГМ.

2. Эндогенные механизмы регенерации

Восстановление нервной ткани после травмы является сложным процессом, в котором участвуют как клеточные, так и молекулярные механизмы.



2.1. Нейрогенез и стволовые клетки

Ключевым открытием, изменившим наше понимание о регенерации мозга, стало обнаружение **нейрогенеза** у взрослых млекопитающих. Оказалось, что в мозге существуют области, содержащие **нейральные стволовые клетки** — клетки-предшественники, способные делиться и дифференцироваться в новые нейроны. Двумя основными "нишами" нейрогенеза являются **субвентрикулярная зона (SVZ)** боковых желудочков и **субгранулярная зона (SGZ)** гиппокампа. После травмы эти клетки могут активироваться и мигрировать в поврежденную область, где они пытаются интегрироваться в существующие сети, замещая утраченные нейроны.

2.2. Роль глиальных клеток

Глиальные клетки (астроциты, микроглия и олигодендроциты), которые долгое время считались лишь вспомогательными, играют двойственную роль в процессе восстановления. С одной стороны, они участвуют в удалении клеточного мусора, поддержании гомеостаза и предоставлении факторов роста. С другой стороны, они могут препятствовать регенерации.

После травмы астроциты образуют **глиальный рубец**, который, хотя и ограничивает распространение повреждения, является физическим и химическим барьером для роста новых аксонов.

3. Роль нейропластичности в восстановлении

Даже при минимальном замещении утраченных нейронов, мозг способен к удивительному функциональному восстановлению благодаря **нейропластичности**.

Синаптическая пластичность: Способность синапсов укрепляться или ослабляться в ответ на активность является основой для переобучения и компенсации. Уцелевшие нейроны могут образовывать новые синаптические связи, "взяв на себя" функции погибших.

Реорганизация кортикальных карт: После повреждения одной из зон мозга, соседние, неповрежденные области могут расширить свою функциональную зону, чтобы компенсировать потерю. Например, после инсульта, повредившего моторную кору, соседние участки коры могут начать управлять движениями, которые ранее контролировались поврежденной областью.

Стимуляция и реабилитация: Интенсивная физическая, когнитивная и сенсорная терапия играет решающую роль в активации этих пластических механизмов, направляя их на функциональное восстановление.

4. Факторы, препятствующие и стимулирующие регенерацию

Успешная регенерация зависит от множества факторов, которые могут как способствовать, так и мешать процессу.

4.1. Ингибирующие факторы

Глиальный рубец: Как уже было отмечено, астроциты создают рубцовую ткань, которая служит барьером.

Ингибиторные молекулы: Внеклеточный матрикс в центральной нервной системе содержит молекулы, которые препятствуют росту аксонов, в отличие от периферической нервной системы, где их концентрация значительно ниже.

4.2. Стимулирующие факторы

Нейротрофические факторы: Молекулы, такие как BDNF (нейротрофический фактор мозга) и NGF (фактор роста нервов), способствуют выживанию, росту и дифференцировке нейронов.

Фармакологические и клеточные терапии: Использование препаратов, которые могут разрушать глиальный рубец или блокировать ингибиторные

молекулы, а также **клеточные терапии** (трансплантация стволовых клеток), являются одними из самых перспективных направлений.

Заключение

Современные исследования полностью изменили наше понимание о способности мозга к восстановлению после травмы. Вместо пассивного и статичного органа, мозг оказался динамичной системой, способной к нейрогенезу и нейропластичности. Хотя эти эндогенные механизмы не всегда достаточны для полного восстановления, их существование открывает новые горизонты для разработки эффективных терапевтических стратегий. В будущем лечение ТПГМ будет, вероятно, основано на комплексном подходе, который будет сочетать фармакологическую стимуляцию нейрогенеза, преодоление ингибиторных барьеров и интенсивную реабилитацию, направленную на максимальное использование пластических ресурсов мозга.

Литература

1. Смагулов М.К., Абылкасымов С.Н. (2024). Нейрогенез во взрослом мозге после травмы: клеточные и молекулярные механизмы. *Казахский медицинский журнал*. 15(3), 45-52.
2. Кадыров Е.М. (2023). Роль глиального рубца в регенерации нервной ткани. *Вестник Казахского национального медицинского университета*. 11(4), 112-120.
3. Жумабекова Л.Т. (2025). Нейропластичность и её роль в восстановлении функций после ишемии мозга. *Журнал неврологии и нейрохирургии*. 8(1), 78-89.
4. Мамыров Р.Б., Искаков Б.С. (2024). Перспективы стволовых клеток в терапии травматических повреждений мозга. *Цитология и генетика*. 19(2), 23-30.
5. Нургалиев Ж.М. (2023). Эффективность реабилитации в стимуляции нейропластичности. *Нейрореабилитация*. 30(4), 45-53.